

Dampfgehärteter Porenbeton im Wohnungsbau

Kristen, Theodor
Meyer, Adolf

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 5, 1953,
S. 132-140



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

Dampfgehärteter Porenbeton im Wohnungsbau

Von Theodor Kristen und Adolf Meyer

Mit 5 Abbildungen

Summary: Steamhardened porous concretes may be produced as gas-concretes or foam-concretes. Their technical characteristics are considered according to the results of the tests made in the Institute for Research and Testing of building materials. Owing to their mean thermal conductivity steamhardened porous concretes are particularly useful for building dwellinghouses.

1. Einleitung

In den letzten Jahren haben eine Reihe neuer Baustoffe und Bauarten im Wohnungsbau Eingang gefunden. Der große Holzmangel führte dazu, die Geschloßdecken als Massivdecken auszubilden. Aus wärmetechnischen Gründen wurden die Außenwände aus schweren Vollsteinen und aus Schwerbeton durch leichte Wände aus Hohlsteinen und Leichtbeton ersetzt. So stellte die Ziegelindustrie schon vor Jahrzehnten Hohlziegel für Wände und Decken her, die anfangs schwer bekämpft wurden und sich erst langsam im Wohnungsbau durchsetzten. Inzwischen sind sie aber Allgemeingut geworden und zu den bisherigen Langlochziegeln und Hochlochziegeln sind in neuerer Zeit die Porenziegel hinzugekommen. Auch die Kalksandsteinindustrie hat außer den Kalksandstein-Vollsteinen die Herstellung leichter Kalksand-Lochsteine und Kalksand-Hohlblocksteine aufgenommen. Um Lohnkosten einzusparen, sind beide Industrien bei diesen leichten Steinen vom Kleinformat zum Mittel- und Großformat übergegangen. Auch auf dem Betongebiet sind insbesondere für Wände viele neue Baustoffe in der letzten Zeit aufgekommen. Der Schwerbeton, von dem eine große Festigkeit und Dichtigkeit verlangt wird, eignet sich aus wärmetechnischen Gründen nicht für den Wohnungsbau. Eine gute Wärmedämmfähigkeit läßt sich nur durch einen porösen Beton erzielen, und so wurde der Leichtbeton entwickelt. Unter den vielen Sorten von Leichtbeton machen in letzter Zeit die Gas- und Schaumbetone, die unter dem Namen Porenbeton zusammengefaßt werden, von sich reden. In dem folgenden Bericht soll über diesen Porenbeton und seine Verwendung im Wohnungsbau näher berichtet werden.

2. Herstellungsverfahren des Porenbetons

Die erste Herstellung von Porenbeton liegt schon einige Jahrzehnte zurück. U. a. seien genannt: der Zellenbeton der Firma Christiani & Nielsen, der Iporitbeton der I. G. Farbenindustrie, die Schaumbetone Betocel, Betoporit und Zellebet, die Gasbetone Siporex, Aerokret, der Schima-Gasbeton und der Hebelgasbeton, die Leichtkalkbetone Turrit oder Microporit und Ytong.

Alle luftgehärteten Porenbetone haben ein verhältnismäßig großes Schwind- und Quellmaß, so daß sie sich in der Praxis nicht recht durchsetzen konnten.

Erst durch die Dampfhärtung gelang es, die Schwindung des Porenbetons auf ein Minimum herabzudrücken, und seit dieser Zeit hat der Porenbeton, besonders in Schweden, eine große Entwicklung genommen. In Deutschland wurden erst in letzter Zeit größere Anlagen zur Herstellung von dampfgehärtetem Porenbeton errichtet. Als Bindemittel werden Zement, Kalk oder Zement und Kalk verwendet. Die Zuschlagstoffe müssen sehr fein sein. Quarzsand, Hochofenschlacke, Ölschiefer und Flugaschen kommen als wichtigste in Frage. Bindemittel und Zuschlagstoffe werden in einer Mischmaschine mit Wasser zu einer weichen breiigen Mörtelmasse vermengt.

Die Erzeugung der Luftporen geschieht folgendermaßen:

Beim Gasbeton wird der weichen Mörtelmasse in der Mischmaschine ein Treibmittel zugesetzt, das sich mit dem Bindemittel der Mischung unter Gasentwicklung umsetzt. Bevor diese Gasentwicklung eintritt, wird die Mörtelmasse in Formen gegossen. In diesen wird die Mischung unter Bildung zahlreicher Poren aufgetrieben und an der Luft zur Erhärtung gebracht. Als Treibmittel für Gasbeton dient in erster Linie Aluminiumpulver, das sich mit der basisch reagierenden Betonmischung zu Tonerde und Wasserstoffgas umsetzt. Bei Verwendung von Kalziumkarbidpulver CaC_2 oder einer gemahlenen Schmelze aus Kalziumkarbid- und Aluminiumpulver wird ebenfalls Wasserstoff frei. Beim Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd, H_2O_2 , und Chlorkalk, CaOCl_2 , entsteht Sauerstoff.

Beim Schaumbeton wird der Mörtelmasse beim Mischen ein schaumbildendes Mittel zur Regelung der Oberflächenspannung zugegeben. Die porige Struktur des Materials entsteht bereits während des Mischvorganges vor dem Einfüllen der Mischung in die Gießformen durch kräftiges Rühren und Peitschen der Mischung. Als Zusätze werden Saponin, Iporit, Sulfosäuren u. a. verwendet.

Bei Porenbetonen lassen sich Größe und Anzahl der Poren und damit das Raumgewicht in gewissen Grenzen regeln. Nachdem in der Gießform die Vorhärtung an der Luft vor sich gegangen ist, und das Material eine geringe Festigkeit erreicht hat, werden die seitlichen Begrenzungsflächen der Gießform entfernt, mit feinen Stahldrähten die gewünschten Bauelemente herausgesägt und dann anschließend dampfgehärtet. Bei der Dampfbehandlung, die wie beim Kalksandstein 8 bis 10 Stunden in Härtekesseln bei einem Druck von mindestens 8 at stattfinden muß, wird nicht nur eine weitgehende Austrocknung der porigen Bauelemente und eine Beschleunigung des Abbindeprozesses erzielt, sondern es tritt außerdem eine chemische Reaktion zwischen dem Kalk des Bindemittels und der Kieselsäure des Zuschlagstoffes ein. Diese Reaktion führt wie bei der Kalksandsteinherstellung zu einer erheblichen Festigkeitssteigerung und ermöglicht, Zement oder Kalk als Bindemittel zu verwenden. Der Hauptvorteil der Dampfhärtung liegt in der Herabsetzung des Schwind- und Quellmaßes des Porenbetons. Das aus dem Härtekessel kommende Material kann sofort eingebaut werden. Die Herstellung von dampfgehärtetem Porenbeton ist verhältnismäßig schwierig und kann nur in gut ausgestatteten, unter erfahrener Leitung stehenden Betrieben von geschulten Kräften erfolgen.

3. Technische Eigenschaften des Porenbetons

Der dampfgehärtete Porenbeton hat in sich geschlossene Luftporen, deren Größe unterschiedlich ist und Durchmesser von 1 bis 2 mm erreicht. Die Porenbetone sind sehr leicht verarbeitbar und können gesägt, genagelt, behauen und gebohrt werden.

3.1. Raumgewicht und Druckfestigkeit

Das Raumgewicht der dampfgehärteten Porenbetone ist für die Wärmedämmfähigkeit von entscheidender Bedeutung. Der Isolierbeton wird mit

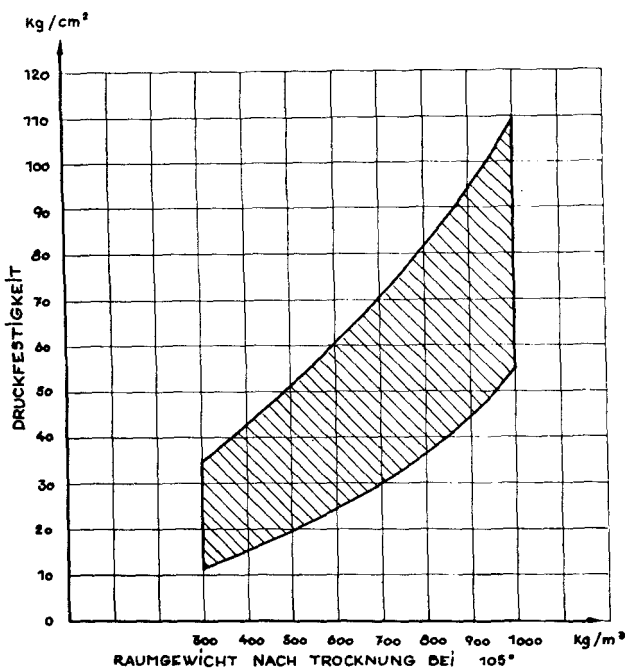


Abb. 1. Druckfestigkeit vom dampfgehärteten Porenbeton

einem Raumgewicht von 300 bis 500 kg/m^3 im getrockneten Zustande geliefert. Für Wandbausteine, bewehrte Platten und Balken kommen Raumgewichte von 500 bis 800 kg/m^3 , in Ausnahmefällen bis 1000 kg/m^3 zur Anwendung. Vom Raumgewicht ist ferner die Druckfestigkeit des Materials abhängig. Grundsätzlich haben kalkgebundene dampfgehärtete Porenbetone bei gleichem Raumgewicht größere Druckfestigkeiten aufzuweisen als zementgebundene Porenbetone. Aus der Abb. 1 ist der Druckfestigkeitsbereich zu ersehen, der bei bestimmten Raumgewichten nach im Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig festgestellten Versuchsergebnissen erreicht wird.

Bei der Prüfung der Druckfestigkeit ist zu beachten, daß infolge des Produktionsvorganges Raumgewicht und Druckfestigkeit innerhalb der Gieß-

form streuen. Oben ist das Raumgewicht infolge des Quellvorganges etwas kleiner als unten, so daß die Festigkeit oben bis zu 20 % gegenüber unten abfällt. Bauelemente aus der Mitte der Gießform haben durchweg eine etwas kleinere Festigkeit aufzuweisen als Bauelemente vom Rande. Senkrecht zur Gärriichtung sind die Festigkeiten etwa 20 % größer als in Gärriichtung.

3.2. Wasseraufnahme und -abnahme des Porenbetons

Die dampfgehärteten Porenbetone saugen Wasser infolge ihrer Struktur nur langsam auf. Bei Lagerung unter Wasser beträgt die Wasseraufnahme max. 40 bis 80 Gewichts-%. Auch die Wasserabgabe erfolgt langsam. Der Ausgleichsfeuchtigkeitsgehalt bei Lagerung an der Luft von 18 °C und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit liegt zwischen 3 bis 5 Gewichts-%. Bei 90 % relativer Luftfeuchtigkeit steigt die Ausgleichsfeuchtigkeit auf 6 bis 8 Gewichts-% an, wie durch Versuche im hiesigen Institut festgestellt wurde. Für die Beurteilung der Wärmedämmung von Bauteilen aus Porenbeton ist der sog. Dauerfeuchtigkeitsgehalt von Bedeutung. Infolge Dampfdiffusion und Kondensation liegt der Dauerfeuchtigkeitsgehalt über dem Ausgleichsfeuchtigkeitsgehalt. Im Rahmen eines Forschungsauftrages werden in ausgeführten Bauten im Braunschweiger- und Hamburger Raum z. Z. vom hiesigen Institut Wände aus Porenbeton auf ihren Dauerfeuchtigkeitsgehalt untersucht. Die Feuchtigkeitsbestimmungen wurden beim Bezug der Häuser durchgeführt. Sie werden nach 3, 6, 12 und 24 Monaten wiederholt. Die ersten Ergebnisse haben gezeigt, daß es zweckmäßig ist, Wände aus Porenbeton im einseitig verputzten oder im unverputzten Zustande einige Wochen austrocknen zu lassen. Die Austrocknung des Mauerwerks wird durch die aufgetragenen Putzschichten später gehemmt.

3.3. Schwinden und Quellen von Porenbeton

An der Luft erhärtete Porenbetone schwinden bei der Austrocknung vom wassergesättigten Zustand bis zum Trockengewicht bei 105° um 2 bis 4 mm/m, dampfgehärtete Porenbetone um 0,6 bis 1,0 mm/m.

Das Schwindmaß von Schwerbeton und der übrigen zementgebundenen Leichtbetone ist etwa so groß, wie das des dampfgehärteten Porenbetons. Dieses geringe Schwinden der dampfgehärteten Porenbetone führt normalerweise nicht zu Schäden.

3.4. Wärmeleitzahl des Porenbetons

Über die Größe der Wärmeleitzahl bei dampfgehärteten Porenbetonen liegt eine große Anzahl von Messungen vor, die sich größtenteils auf den bei 105° getrockneten Zustand beziehen. In der Abb. 2 ist in Abhängigkeit vom Raumgewicht der Bereich angegeben, in welchem die Wärmeleitzahl von Porenbetonen liegt.

Nach Versuchen des Staatlichen Materialprüfamt in Stockholm wächst die Wärmeleitzahl von Porenbeton bei kleinen Feuchtigkeitsgehalten um

etwa 4 %, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Porenbetons um 1 Gewichts-% zunimmt. Unter normalen Verhältnissen kann in Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton mit einem Dauerfeuchtigkeitsgehalt von etwa 10 Gewichts-% gerechnet werden. Um diesen Feuchtigkeitsgehalt zu berücksichtigen, ist die Wärmeleitzahl des bei 105° getrockneten Materials um rund 40 % zu erhöhen. Mit diesem Wert für die Wärmeleitzahl sind wärmetechnische Berechnungen durchzuführen. Abb. 2 enthält die Rechenwerte für die Wärmeleitzahl von Porenbeton nach DIN 4108, Ausgabe Juli 1952.

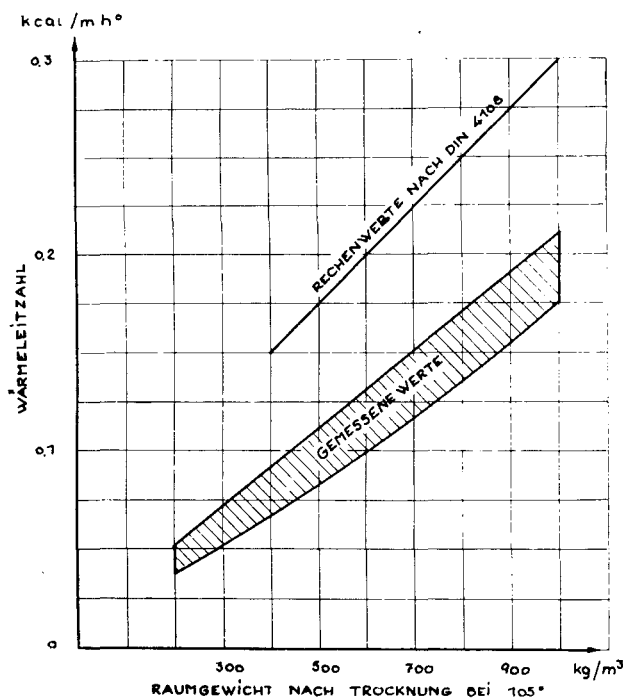


Abb. 2. Wärmeleitzahl vom dampfgehärteten Porenbeton

3.5. Schalldämmung des Porenbetons

Die Luftschalldämmung von Bauteilen ist in erster Linie abhängig von ihrem Gewicht. Dampfgehärtete Porenbetone sind verhältnismäßig leicht, Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton haben daher nur eine geringe Luftschalldämmung aufzuweisen. Eine 24 cm dicke Wand aus Porenbeton beiderseits verputzt, wurde im hiesigen Institut auf ihre Luftschalldämmung untersucht. Die Wand wog 250 kg/m². Die für Wohnungstrennwände in DIN 52211 festgelegte Sollkurve wird um 3 db unterschritten. Als Wohnungstrennwand ist eine solche Wand nicht brauchbar. Sie muß eine einseitige biegeeweiche Verkleidung mit Luftabstand erhalten, um die erforderliche Schalldämmung zu erreichen.

3.6. Widerstandsfähigkeit des Porenbetons gegen Feuer und Wärme

Dampfgehärtete Porenbetone enthalten keine brennbaren Bestandteile. Der Schmelzpunkt liegt oberhalb von 1000°. Ein erheblicher Festigkeitsabfall tritt erst bei einer Erwärmung über 500° ein. Sie bieten daher einen guten Schutz gegen Einwirkung von Feuer. Mehrere Wände aus dampfgehärtetem Porenbeton, 24 cm dick, beiderseits verputzt, wurden im hiesigen Institut im Rahmen eines Forschungsauftrages auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme untersucht. Die Wände wurden nach DIN 4102 in ein Brandhaus eingebaut und unter der rechnerisch zulässigen Belastung einseitig dem Feuer ausgesetzt. Die Versuchsanordnung ist aus Abb. 3 zu sehen.

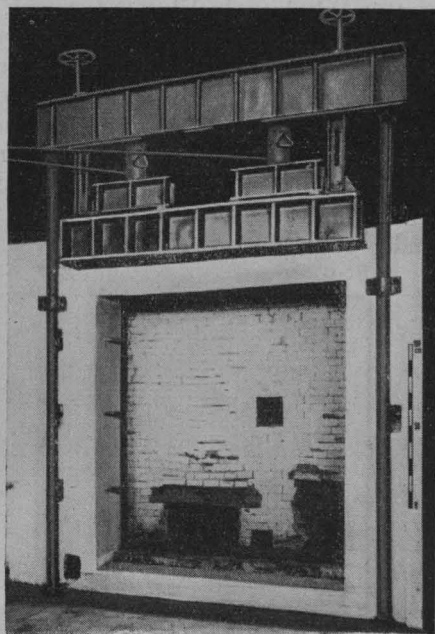


Abb. 3.
Brandhaus für Brandversuche nach DIN 4102

Nach 3 Stunden Feuerbeanspruchung war die Wandfestigkeit nur geringfügig herabgesetzt. Die dem Feuer abgekehrte Seite der Wand erwärmte sich kaum. 24 cm dicke Wände aus dampfgehärtetem Porenbeton sind als hochfeuerbeständig anzusehen.

3.7. Frostbeständigkeit des Porenbetons

Dampfgehärtete Porenbetone mit einer Druckfestigkeit von $\geq 40 \text{ kg/cm}^2$ zeigten nach 25 maligem Gefrieren bei minus 15° keine größeren Beschädigungen. Die Druckfestigkeit nach dem Frostversuch nahm nur geringfügig ab. Porenbetone mit geringerer Druckfestigkeit werden beim Frostversuch mehr oder weniger zerstört. In der Praxis haben sich verputzte Außenwände aus Porenbeton mit einer Druckfestigkeit von $\geq 25 \text{ kg/cm}^2$ als ausreichend frostbeständig erwiesen.

4. Bauelemente aus dampfgehärtetem Porenbeton und ihre Verwendung

Aus dampfgehärtetem Porenbeton werden in erster Linie hergestellt:

- Wandbausteine,
- Wandbauplatten und Isolierplatten,
- Bewehrte Platten und Balken.

4.1. Wandbausteine

Wandbausteine haben durchweg die Abmessungen $49 \times 25 \text{ cm}$ und sind 15, 20, 24 und 30 cm dick. Die Aufmauerung erfolgt mit Kalk-, Kalkzement- oder Zementmörtel. Die Tragfähigkeit von Wänden aus Wandbausteinen wurde

u. a. im hiesigen Institut untersucht. Die Wandfestigkeit ergab sich dabei zu etwa 50 % der Steifigkeit. Bei Kalkmörteln traten größere plastische Verformungen auf als bei Kalkzementmörtel. Das Verhältnis zwischen Steifigkeit und Wandfestigkeit ist sehr gut und ist auf die Verwendung großformatiger Steine sowie die gute Maßhaltigkeit der Wandbausteine zurückzuführen. Wände aus Wandbausteinen besitzen eine verhältnismäßig gute Wärmedämmung und sind daher in erster Linie als Außenwände geeignet. In Abb. 4 sind Wände mit etwa gleich großem Wärmedurchlaßwiderstand einander gegenübergestellt.

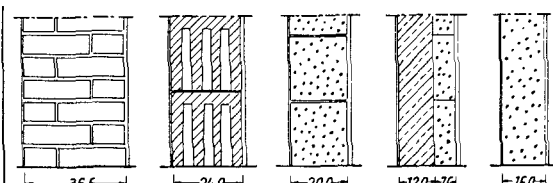
WAND-QUERSCHNITTE					
	36,5	24,0	20,0	12,0 + 7,5	15,0
	VOLLSTEINE	HOHLBLOCKSTEINE AUS LEICHTBETON	WANDBAUSTEINE AUS PORENBETON	ISOLIERPLATTEN A PORENBETON	WANDBAUPLAT- TEN A PORENBETON
RAUMGEWICHT IN kg/m ³	1800	1400	600	400	600
WÄRMEDURCHLASSZAHL IN kcal/m ² h°	0,58	0,55	0,71	0,59	0,79
MINDESTWERT FÜR AUSSEN- WÄNDE IN KLIMAZONE II NACH DIN 4108	0,55	0,55	0,60	0,55	0,65

Abb. 4. Wärmeschutz von Wänden

Eine Wand aus Porenbeton-Wandbausteinen von 20 cm Dicke bietet danach denselben Wärmeschutz wie eine 36,5 cm dicke Wand aus Vollsteinen oder eine 24 cm dicke Wand aus Leichtbeton-Hohlblocksteinen. Für den Wärmeschutz eines Bauteils ist nicht nur der Wärmedurchlaßwiderstand, sondern auch das Wärmespeichungsvermögen wichtig, das bei leichten Wänden grundsätzlich kleiner als bei schweren Wänden ist. In DIN 4108 wird zum Ausgleich für Wände und Decken mit einem Eigengewicht unter 300 kg/m² ein erhöhter Wärmedurchlaßwiderstand gefordert.

4.2. Wandbauplatten und Isolierplatten aus Porenbeton

Wandbauplatten und Isolierplatten sind 49 × 24 cm groß und 5, 7,5, 10 oder 12,5 cm dick. Wandbauplatten werden für nichttragende leichte Zwischenwände in Kalkzementmörtel oder Zementmörtel vermauert. Die Isolierplatten dienen zur Erhöhung der Wärmedämmung von Bauteilen, die allein keinen ausreichenden Wärmeschutz bieten. Die Verkleidung von Stahlbetondecken und -wänden mit diesen Platten erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Für Wohnräume wird die Verkleidung durch Isolierplatten an der kalten Seite vorgenommen, um die gute Wärmespeicherefähigkeit der Stahlbetonwände auszunutzen und die Gefahr der Kondenswasserbildung in der Wand

herabzusetzen. In Abb. 5 ist ein von der Bauunternehmung Carl Weiß in Braunschweig errichtetes Hochhaus festgehalten, dessen 15 cm dicke Außenwände aus Schwerbeton außen mit $7\frac{1}{2}$ cm dicken Isolierplatten aus Porenbeton versehen sind.

Als Schalung wurde bei diesen Hochhäusern eine Gleitschalung verwendet.

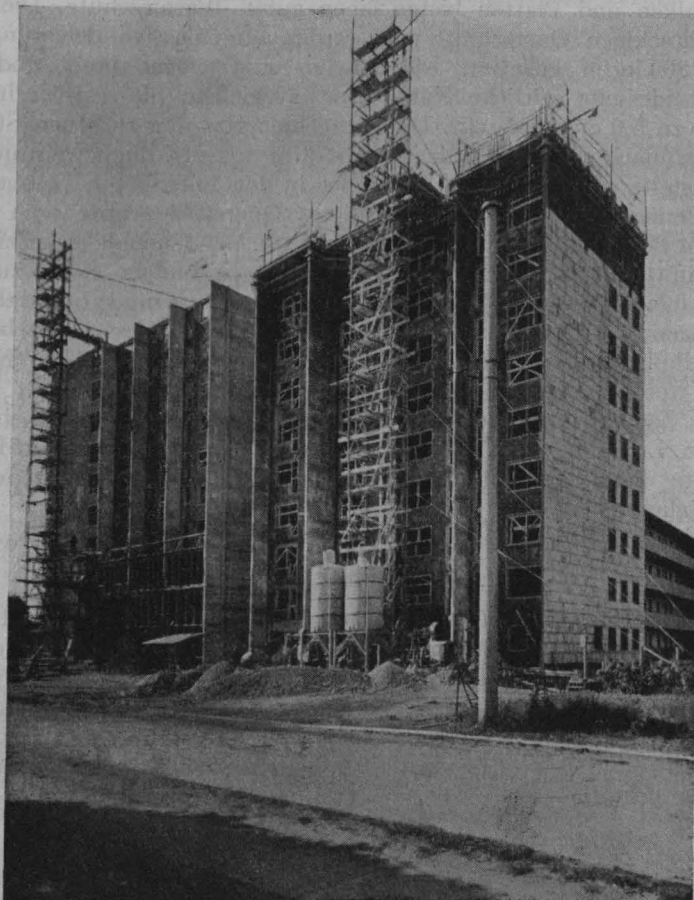


Abb. 5. Hochhaus mit Außenwänden aus Schwerbeton und Isolierplatten aus Porenbeton

Vereinzelte Wände aus geschoßhohen, unbewehrten Platten aus Porenbeton von etwa $250 \times 50 \times 15$ cm hergestellt, um durchgehende Fugen in der Wand zu vermeiden und den Wärme- und Witterungsschutz zu erhöhen. Die Ausführung von tragenden, nur 15 cm dicken Außenwänden ist durch diese Wandbauplatten möglich. In Abb. 4 ist der Wärmedurchgangswiderstand für eine 12 cm dicke Stahlbetonwand mit 7,5 cm dicken Isolierplatten und einer Wand aus 15 cm dicken geschoßhohen Wandplatten angegeben. Beide Wände bieten einen besseren Wärmeschutz als eine 36,5 cm dicke Wand aus Vollziegeln.

4.3. Bewehrte Balken und Platten aus Porenbeton

Aus dampfgehärtetem Porenbeton lassen sich durch Stahleinlagen bewehrte Balken und Platten herstellen. Die Balken werden in erster Linie als Fenster- und Türstürze in Außenwänden, die Platten als Dach- und Geschoßdecken, verwendet. Das leichte Gewicht der Fertigteile ermöglicht eine einfache Verlegung. Balken und Platten bieten einen guten Wärmeschutz. Die Balken haben rechteckigen Querschnitt und werden für zulässige Belastungen von 500 bis 1800 kg/m geliefert. Die Platten sind 50 cm breit und haben meistens beiderseits seitliche Nuten zum Vergießen. Sie werden in Stützweiten bis zu 5,0 m hergestellt. Die mangelnde Haftung zwischen Stahl und Porenbeton macht es erforderlich, die Kräfte aus der Zugbewehrung durch genügend steife aufgeschweißte Querstäbe in den Porenbeton zu übertragen. Für die Bemessung und Verteilung dieser Querstäbe wurde vom hiesigen Institut ein Bemessungsverfahren ausgearbeitet. Bei den Balken ist zusätzlich für eine einwandfreie Aufnahme der Hauptzugspannungen Sorge zu tragen. Die Stahleinlagen sind im Porenbeton nicht dicht ummantelt und daher nicht so gut gegen Rost geschützt wie im Schwerbeton. Durch eine besondere Vorbehandlung müssen die Stahleinlagen ausreichend gegen Korrosion geschützt werden. Zementschlemme hat sich als Rostschutz nicht bewährt. Unter der Zementschlemme tritt bereits bei der Dampfhärtung eine Rostbildung ein. Ein im hiesigen Institut untersuchter Rostschutzfilm auf Bitumenbasis zeigte unter scharfen Versuchsbedingungen eine ausreichende Widerstandsfähigkeit.

5. Zusammenfassung

Die Produktion dampfgehärteter Porenbetone ist in den letzten 10 Jahren stark angestiegen. Sie erfordert eine große Sorgfalt und ist nur in dazu eingerichteten Werken unter fachmännischer Anleitung möglich. Dampfgehärtete Porenbetone sind gute Wärmedämmstoffe mit ausreichender Festigkeit. Sie werden daher im Wohnungsbau im steigenden Maße dort verwendet, wo eine große Wärmedämmung angestrebt wird, also in Außenwänden und als Dach- und Kellerdecken.